

ST 24-11-02

JC979 U.S. PTO  
10/087566  
03/01/02

JAPAN PATENT OFFICE

This is to certify that the annexed is a true copy  
of the following application as filed with this Office.

Date of Application: March 1, 2001

Application Number: Japanese Patent Application  
No. 056106/2001

Applicant: DOWA MINING CO., LTD.

July 6, 2001

Commissioner,  
Patent Office      Kouzou OIKAWA (Official Seal)

Certificate No. 3,063,547/2001

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

#2  
4/11-02

U.S. PRO  
JC979 10/087566  
03/01/02

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日  
Date of Application:

2001年 3月 1日

出願番号  
Application Number:

特願2001-056106

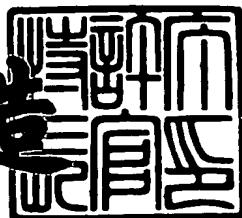
出願人  
Applicant(s):

同和鉱業株式会社

2001年 7月 6日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3063547

【書類名】 特許願

【整理番号】 DOWA-P

【提出日】 平成13年 3月 1日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 H01L 23/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内一丁目 8番2号 同和鉱業株式会社内

【氏名】 風呂 正博

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内一丁目 8番2号 同和鉱業株式会社内

【氏名】 小山内 英世

【特許出願人】

【識別番号】 000224798

【氏名又は名称】 同和鉱業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100062982

【弁理士】

【氏名又は名称】 澤木 誠一

【選任した代理人】

【識別番号】 100102749

【弁理士】

【氏名又は名称】 澤木 紀一

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011648

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

特2001-056106

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9407896

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体実装用絶縁基板及びパワーモジュール

【特許請求の範囲】

【請求項1】 セラミックス基板の少なくとも一部の面にアルミニウムを主とする合金金属層が形成された半導体実装用絶縁基板において、上記合金金属層のビッカース硬度が25以上、40未満であることを特徴とする半導体実装用絶縁基板。

【請求項2】 上記合金金属層がシリコンを含有し、その含有量が0.2重量%以上、5重量%未満であることを特徴とする請求項1記載の半導体実装用絶縁基板。

【請求項3】 上記合金金属層がMnを含有し、その含有量が1.5重量%以下であることを特徴とする請求項1または2記載の半導体実装用絶縁基板。

【請求項4】 上記合金金属層がMgを含有し、その含有量が1重量%以下であることを特徴とする請求項1、2または3記載の半導体実装用絶縁基板。

【請求項5】 上記セラミックス基板がアルミナ、窒化アルミニウム、窒化珪素から選ばれる一種で作られることを特徴とする請求項1、2、3または4記載の半導体実装用絶縁基板。

【請求項6】 金属ベース板と、一面を上記金属ベース板に接合された少なくとも一部の面にアルミニウムを主とする合金金属層が形成されたセラミックス基板と、上記セラミックス基板の他面に設けた半導体チップとを有し、上記合金金属層のビッカース硬度が25以上、40未満であることを特徴とするパワーモジュール。

【請求項7】 上記合金金属層がシリコンを含有し、その含有量が0.2重量%以上、5重量%未満であることを特徴とする請求項6記載のパワーモジュール。

【請求項8】 上記合金金属層がMnを含有し、その含有量が1.5重量%以下であることを特徴とする請求項6または7記載のパワーモジュール。

【請求項9】 上記合金金属層がMgを含有し、その含有量が1重量%以下であることを特徴とする請求項6、7または8記載のパワーモジュール。

【請求項10】 上記セラミックス基板がアルミナ、窒化アルミニウム、窒化珪素から選ばれる一種で作られることを特徴とする請求項6、7、8または9記載のパワーモジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体実装用絶縁基板及びパワーモジュール、特に、パワーモジュール等の大電力電子部品の実装に好適な耐ヒートサイクル性に優れた金属セラミックス回路基板及びこの基板を用いたパワーモジュールに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、電気自動車、電車、工作機械などの大電流制御にパワーモジュールが用いられている。パワーモジュールには主に複数の半導体チップが搭載され、その表面および裏面から大電流を取り出すため、半導体チップを固定する基板には高い電気的絶縁性や放熱性が要求される。また、自動車や電車などに搭載されることから高い信頼性や耐久性も要求される。

【0003】

信頼性や耐久性を計る指標の一つにヒートサイクル試験がある。これは使用環境で考え得る最低到達温度と最高到達温度を短時間で往来させて熱衝撃を与える試験であり、このような熱衝撃サイクルを重ねても、基板および周辺部の絶縁性や放熱性が損なわれないことが必要である。一般に自動車や電車ではより高いヒートサイクル耐量が必要とされ、その値は1000サイクル以上と言われている。

【0004】

一般的なパワーモジュールの断面構造を図2に示す。このような従来のパワーモジュールでは、半導体チップ1が絶縁性基材としてのセラミックス基板2上の金属層3に半田4で固定され、更にこのセラミックス基板2が他方の金属層5を介して半田6により金属ベース板7に固定される。なお、8は金属層3と5及び金属ベース板7に形成したメッキ層である。また、図2においては、チップ間等の配線の表示は省略している。

## 【0005】

上述した自動車や電車用の高信頼性パワーモジュールにはアルミニウムをセラミックスと接合した絶縁基板が向いているとされている。この絶縁基板にヒートサイクルをかけた場合、金属とセラミックスは熱膨張係数が異なるためにその接合界面に応力が生じ、最終的にはセラミックスが破壊されてしまう。しかし、金属にアルミニウムを用いると、アルミニウムの変形しやすい性質がセラミックスへの応力集中を緩和して銅などに比べ、ヒートサイクル耐量が格段に向上すると言われている。

## 【0006】

アルミニウムをセラミックス基板へろう接した先行技術としては、実開平2-68448号や実開平3-57945号に示されたものがあり、これらは、窒化アルミニウム基板やアルミナ基板にアルミニウムをAl-Si系やAl-Ge系ろう材を用いて接合するものである。これには、さらに先行技術として1976年の米国特許第3994430号のアルミニウム結合助剤としてのシリコン使用がある。

## 【0007】

アルミニウムをセラミックス基板に直接接合した先行技術として、特開平7-193358号や特開平7-276035号に示されたものがあり、これらは、窒化アルミニウム基板やアルミナ基板にアルミニウムの溶融体を接触させ、凝固することでアルミニウムをセラミックスに直接接合させるものである。

## 【0008】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかし、アルミニウムーセラミックス絶縁基板は、半導体素子を半田付けする等でパワーモジュールの部品として使用され、このためアルミニウムーセラミックス絶縁基板におけるアルミニウムは、セラミックスと半田層および半導体素子に挟まれる状態となり、アルミニウムはセラミックスを保護する役割と半田層および半導体素子とを配設させる機能が必要となり、アルミニウムの上に配設される半田および半導体素子がより多岐にわたり複雑化していることからより熱衝撃による影響の少ないものが望まれていた。即ち、この影響の1つであるアルミニウムと特に鉛半田系の半田層における半田や半田とアルミニウムの接合界面に生じ

る半田クラックによりパワーモジュールの放熱性は著しく低下し、半導体の温度上昇が起り、最終的には半導体が破壊される可能性があり、これを防止することが望まれていた。

#### 【0009】

従って、本発明の目的は、上述の問題点を解決することにある。

#### 【0010】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明者等は銳意研究したところ、アルミニウムーセラミックス絶縁基板のアルミニウムの硬度を一定範囲にすることで、上記の課題を解決出来ることを見いだした。

#### 【0011】

即ち、絶縁基板のアルミニウムの硬度に、熱衝撃を与えたときにセラミックスを保護し、なおかつ半田クラックを生じさせない、一定の範囲があることを見いだした。その範囲はビッカース硬度で25以上、40未満である。ビッカース硬度が25未満であると熱衝撃を与えたときにセラミックスは保護されるが、アルミニウムの変形量が大きく、ヒートサイクルを重ねたときに半田クラックが生じやすい。一方、ビッカース硬度が40より大きいと、アルミニウムが変形しにくくなるため、熱衝撃時に応力を吸収しにくくなり、サイクルを重ねたときにセラミックスにクラックが生じやすい。

#### 【0012】

また、上記のような一定範囲の硬度を実現するためにはアルミニウムに他の金属元素を添加すれば良い、例えばシリコンを加えた合金を用いることが出来る。また、シリコンはアルミニウムに拡散しやすく、比較的低温で共晶を作ることから用いることが容易である。上記のビッカース硬度25以上、40未満を実現するに必要なシリコン添加量は0.2重量%以上、5重量%未満である。他に、Mn、Mg等を更に加える事も可能である。

#### 【0013】

本発明はかかる知見をもとになされたものである。

#### 【0014】

本発明の半導体実装用絶縁基板は、セラミックス基板の少なくとも一部の面にアルミニウムを主とする合金金属層が形成された半導体実装用絶縁基板において、上記合金金属層のビッカース硬度が25以上、40未満であることを特徴とする。

【0015】

本発明のパワーモジュールは、金属ベース板と、一面を上記金属ベース板に接合された少なくとも一部の面にアルミニウムを主とする合金金属層が形成されたセラミックス基板と、上記セラミックス基板の他面に設けた半導体チップとを有し、上記合金金属層のビッカース硬度が25以上、40未満であることを特徴とする。

【0016】

上記合金金属層は、シリコンを含有し、その含有量は0.2重量%以上、5重量%未満であることを特徴とする。

【0017】

上記合金金属層は、Mnを含有し、その含有量が1.5重量%以下であることを特徴とする。

【0018】

上記合金金属層は、Mgを含有し、その含有量が1重量%以下であることを特徴とする。

【0019】

上記セラミックス基板はアルミナ、窒化アルミニウム、窒化珪素から選ばれる一種で作られることを特徴とする。

【0020】

【発明の実施の形態】

以下本発明の金属セラミックス基板の実施例を詳細に説明する。

【0021】

(実施例1)

【0022】

図1に示すように黒鉛鋳型9の上部の凹み10内に重量でアルミニウム99.8%、シリコン0.2%の原料11および黒鉛ピストン12を設置し、鋳型9の下部空洞13内に厚さ0.635mmの窒化アルミニウムのセラミックス基板14を設置し、こ

の鋳型9を800℃に加熱した炉の中に入れた。この結果、原料11が溶けてピストン12の重量で窒化アルミニウムのセラミックス基板14を設置した空洞13内に入り込んだ後、鋳型9を加熱炉から取り出し、室温まで冷却した。なお、本実施例においては、黒鉛鋳型9の酸化を防ぐために、加熱および冷却を窒素雰囲気中で行った。このように作製したセラミックス基板14の両面に夫々0.5mm厚さのアルミニウム合金層を有するセラミックス基板14を機械研磨および電解研磨した。

## 【0023】

この基板のアルミニウム合金層のビッカース硬度を測定したところ25であった。次いで、この金属セラミックス基板を共晶組成の半田を用い、Al-SiCの複合材ベース板に半田付けしてモジュールを形成した。

## 【0024】

このモジュールのヒートサイクル耐量を調べたところ、ヒートサイクル3000回でもセラミックスに異常は無く、セラミックスベース板間の半田にも異常は認められなかった。

## 【0025】

(実施例2)

## 【0026】

原料11の組成を重量でアルミニウム99.5%、シリコン0.5%とした以外は実施例1と同じ条件で金属セラミックス基板の調製を行った。この基板のアルミニウム合金層のビッカース硬度を測定したところ30であった。次いで、この金属セラミックス基板を共晶組成の半田を用い、Al-SiCの複合材ベース板に半田付けしてモジュールを形成した。

## 【0027】

このモジュールのヒートサイクル耐量を調べたところ、ヒートサイクル3000回でもセラミックスに異常は無く、セラミックスベース板間の半田にも異常は認められなかった。

## 【0028】

(実施例3)

【0029】

原料11の組成を重量でアルミニウム98%、シリコン2%とした以外は実施例1と同じ条件で金属セラミックス基板の調製を行った。この基板のアルミニウム合金層のビッカース硬度を測定したところ35であった。次いで、この金属セラミックス基板を共晶組成の半田を用い、Al-SiCの複合材ベース板に半田付けしてモジュールを形成した。

【0030】

このモジュールのヒートサイクル耐量を調べたところ、ヒートサイクル3000回でもセラミックスに異常は無く、セラミックスベース板間の半田にも異常は認められなかった。

【0031】

(実施例4)

【0032】

セラミックスの種類をアルミナとした以外は実施例2と同じ条件で金属セラミックス基板の調製を行った。この基板のアルミニウム合金層のビッカース硬度を測定したところ30であった。次いで、この金属セラミックス基板を共晶組成の半田を用い、Al-SiCの複合材ベース板に半田付けしてモジュールを形成した。

【0033】

このモジュールのヒートサイクル耐量を調べたところ、ヒートサイクル3000回でもセラミックスに異常は無く、セラミックスベース板間の半田にも異常は認められなかった。

【0034】

(実施例5)

【0035】

セラミックスの種類を窒化珪素とした以外は実施例2と同じ条件で金属セラミックス基板の調製を行った。この基板のアルミニウム合金層のビッカース硬度を測定したところ30であった。次いで、この金属セラミックス基板を共晶組成の半田を用い、Al-SiCの複合材ベース板に半田付けしてモジュールを形成した。

【0036】

このモジュールのヒートサイクル耐量を調べたところ、ヒートサイクル3000回でもセラミックスに異常は無く、セラミックスベース板間の半田にも異常は認められなかった。

## 【0037】

(実施例6)

## 【0038】

厚さ0.635mmの窒化アルミニウム基板の両面に重量でアルミニウム87.5%、シリコン12.5%の厚さ50μmろう材層を挟んで重量でアルミニウム99.5%、シリコン0.5%の厚さ0.4mmの板を積層し、これを640°Cに加熱した真空雰囲気の炉の中に入れて、アルミニウム合金板と窒化アルミニウムを接合して、金属セラミック基板を得た。この基板のアルミニウム合金層のビッカース硬度を測定したところ31であった。次いで、この金属セラミックス基板を共晶組成の半田を用い、Al-SiCの複合材ベース板に半田付けしてモジュールを形成した。

## 【0039】

このモジュールのヒートサイクル耐量を調べたところ、ヒートサイクル3000回でもセラミックスに異常は無く、セラミックスベース板間の半田にも異常は認められなかった。

## 【0040】

(実施例7)

## 【0041】

原料11の組成を重量でアルミニウム97.9%、シリコン0.6%、Mn1.5%とした以外は実施例1と同じ条件で金属セラミックス基板の調製を行った。この基板のアルミニウム合金層のビッカース硬度を測定したところ32であった。次いで、この金属セラミックス基板を共晶組成の半田を用い、Al-SiCの複合材ベース板に半田付けしてモジュールを形成した。ここでMnは、硬度を上げるために加えたものである。

## 【0042】

このモジュールのヒートサイクル耐量を調べたところ、ヒートサイクル3000回でもセラミックスに異常は無く、セラミックスベース板間の半田にも異常は認め

られなかった。

## 【0043】

(実施例8)

## 【0044】

積層する板の組成を重量でアルミニウム98.6%、シリコン0.4%、Mg1%とした以外は実施例6と同じ条件で金属セラミックス基板の調製を行った。この基板のアルミニウム合金層のビッカース硬度を測定したところ30であった。次いで、この金属セラミックス基板を共晶組成の半田を用い、Al-SiCの複合材ベース板に半田付けしてモジュールを形成した。ここでMgは硬度を上げるために加えたものである。

## 【0045】

このモジュールのヒートサイクル耐量を調べたところ、ヒートサイクル3000回でもセラミックスに異常は無く、セラミックスベース板間の半田にも異常は認められなかった。

## 【0046】

(比較例1)

## 【0047】

比較の目的で以下のサンプルを作成した。図1示すように黒鉛鋳型9の上部の凹み10内に重量でアルミニウム100%の原料11および黒鉛ピストン12を設置し、下部空洞13内に厚さ0.635mmの窒化アルミニウム基板4を設置し、鋳型9を800°Cに加熱した炉の中に入れた。原料11が溶けて、ピストン12の重量で、窒化アルミニウム基板14を設置した空洞13内に入り込んだ後、鋳型9を加熱炉から取り出し、室温まで冷却した。なお、この比較例においては、黒鉛鋳型9の酸化を防ぐために、加熱および冷却を窒素雰囲気中で行った。このように作製した両面に夫々0.5mm厚さのアルミニウム合金層を有するセラミックス基板を機械研磨および電解研磨した。

## 【0048】

この基板のアルミニウム合金層のビッカース硬度を測定したところ20であった。次いで、この金属セラミックス基板を共晶組成の半田を用い、Al-SiCの複合材

ベース板に半田付けしてモジュールを形成した。

【0049】

このモジュールのヒートサイクル耐量を調べたところ、ヒートサイクル2000回でセラミックスベース板間の半田に微少クラックが発生した。但し、モジュール機能の低下はなかった。

【0050】

(比較例2)

【0051】

原料11の組成を重量でアルミニウム95%、シリコン5%とした以外は比較例1と同じ条件で金属セラミックス基板の調製を行った。この基板のアルミニウム合金層のビッカース硬度を測定したところ40であった。次いで、この金属セラミックス基板を共晶組成の半田を用い、Al-SiCの複合材ベース板に半田付けしてモジュールを形成した。

【0052】

このモジュールのヒートサイクル耐量を調べたところ、ヒートサイクル1000回でもセラミックスにクラックが発生した。

【0053】

(比較例3)

【0054】

厚さ0.635mmの窒化アルミニウム基板の両面に重量でアルミニウム87.5%、シリコン12.5%の厚さ50μmろう材層を挟んでアルミニウム95%、シリコン5%の厚さ0.4mmの板を積層し、これを640°Cに加熱した真空雰囲気の炉の中に入れて、アルミニウム合金板と窒化アルミニウムを接合して、金属セラミックス基板を得た。この基板のアルミニウム合金層のビッカース硬度を測定したところ40であった。次いで、この金属セラミックス基板を共晶組成の半田を用い、Al-SiCの複合材ベース板に半田付けしてモジュールを形成した。

【0055】

このモジュールのヒートサイクル耐量を調べたところ、ヒートサイクル1000回でセラミックスにクラックが発生した。

【0056】

以上の結果を表1に示す。

【0057】

【表1】

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6	実施例7	実施例8	比較例1	比較例2	比較例3
ビッカース硬度	25	30	35	30	30	31	32	30	20	40	40
Al組成	Al99.8% Si0.2%	Al99.5% Si0.5%	Al98% Si2%	Al99.5% Si0.5%	Al99.5% Si0.5%	Al99.5% Si0.5%	Al97.9% Si0.6% Mn1.5%	Al98.6% Si0.4% Mg1%	Al100%	Al95% Si5%	Al95% Si5%
セラミック	塗化アルミニウム	塗化アルミニウム	塗化アルミニウム	塗化アルミニウム	塗化アルミニウム	塗化アルミニウム	塗化アルミニウム	塗化アルミニウム	塗化アルミニウム	塗化アルミニウム	塗化アルミニウム
接合方法	直接接合	直接接合	直接接合	直接接合	直接接合	ろう接	直接接合	ろう接	直接接合	直接接合	ろう接
ヒートサイクル耐量	3000回以上	3000回以上	3000回以上	3000回以上	3000回以上	3000回以上	3000回以上	3000回以上	2000回	1000回	1000回
セラミッククラック	3000回でなし	3000回でなし	3000回でなし	3000回でなし	3000回でなし	3000回でなし	3000回でなし	3000回でなし	2000回でなし	1000回でなし	1000回でなし
半田クラック	3000回でなし	3000回でなし	3000回でなし	3000回でなし	3000回でなし	3000回でなし	3000回でなし	3000回でなし	2000回で微少発生	1000回でなし	1000回でなし

【0058】

【発明の効果】

上記のように本発明によれば、アルミニウムーセラミックス絶縁基板のアルミニウムの硬度を一定範囲にすることで、熱衝撃を与えたときにセラミックスを保護し、なおかつ半田クラックを生じさせない、高ヒートサイクル耐量、高信頼性のパワーモジュールをもたらすことができる。

【0059】

なお、上記セラミックス基板上には半田濡れ性や耐食性を向上させるためにAuメッキ、Niメッキ等を行うことができる。

【0060】

また、セラミックスのなかでも特にアルミナは絶縁性が高く安価であり、窒化アルミニウムは熱伝導率が高いことで放熱性に優れ、大電流コントロール用のチップを搭載することができ、窒化珪素は強度が高いので耐ヒートサイクル性が高くエンジンルームなどの厳しい環境での対応性に優れている。

【0061】

なお、ビッカース硬度はマイクロビッカース硬度計（株式会社明石社製のMVK-G 1）を用い、50gを15秒間加重して、セラミックスにアルミニウムを接合した後の、アルミニウム表面を測定した。表1に示す測定値は20個所を測定した平均値である。また、ヒートサイクル試験の条件は気相式で1サイクルは、-40℃を30分保持、25℃を10分保持、125℃を30分保持、25℃を10分保持、-40℃を30分保持のプロセスとした。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の基板の製造装置の説明図である。

【図2】

従来のパワーモジュールの縦断面図である。

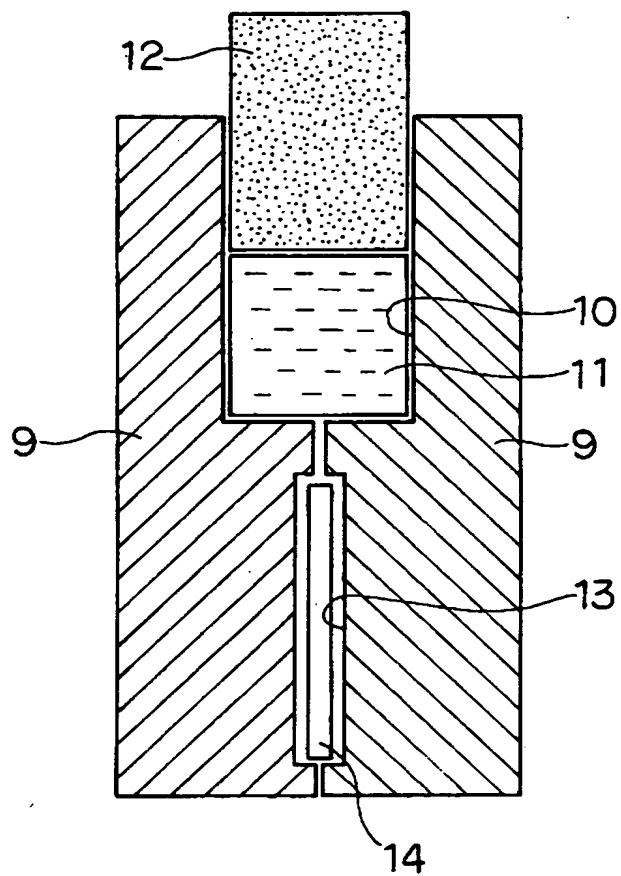
【符号の説明】

- 1 半導体チップ
- 2 セラミックス基板

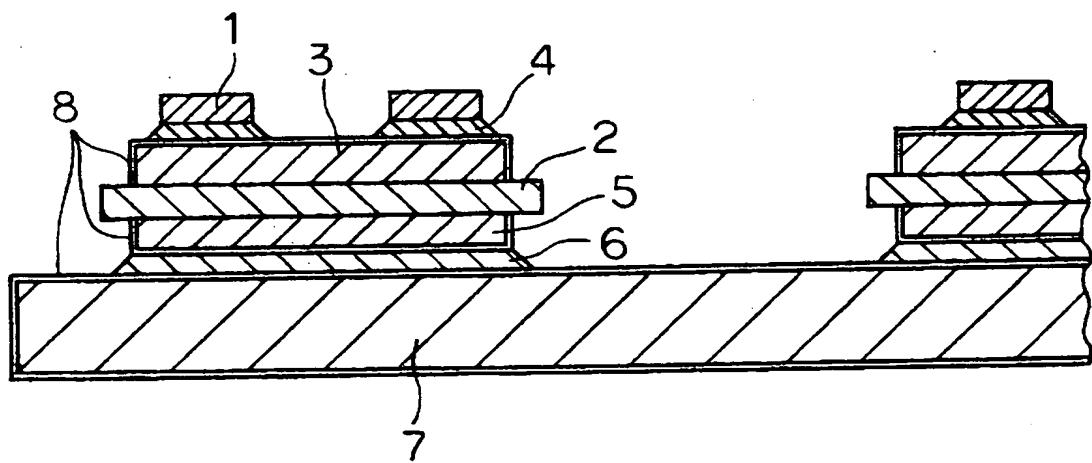
- 3 金属層
- 4 半田
- 5 他方の金属層
- 6 半田
- 7 金属ベース板
- 8 メッキ層
- 9 鋳型
- 10 凹み
- 11 原料
- 12 黒鉛ピストン
- 13 空洞
- 14 窒化アルミニウム基板

【書類名】 図面

【図1】



【図2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 従来の高信頼性パワーモジュール用のアルミニウムーセラミックス絶縁基板にあってもそのアルミニウムの柔らかさが災いして、ヒートサイクル耐量を下げてしまう場合がある。上述したようにアルミニウムの柔らかさはセラミックスを保護する働きをするが、ベース板と絶縁基板を接合している半田を侵す場合がある。それは絶縁基板のアルミニウムが熱衝撃で変形するために半田を変形させ、半田や半田とアルミニウムの接合界面にクラックを生じさせてしまうことである。この場合、半田クラックによりパワーモジュールの放熱性は著しく低下し、半導体の温度上昇が起こり、最終的には半導体が破壊されてしまう欠点があった。

【解決手段】 本発明の半導体実装用絶縁基板においてはセラミックス基板の少なくとも一部の面にアルミニウムを主とするシリコンを含有する金属層を形成し、上記金属層のビッカース硬度が25以上、40未満とする。上記金属層のシリコン含有量が0.2重量%以上、5重量%未満とする。上記セラミックス基板はアルミナ、窒化アルミニウム、窒化珪素から選ばれる一種とする。上記セラミックス基板の他面に半導体チップを設けパワーモジュールとする。

【選択図】 図1

出願人履歴情報

識別番号 [000224798]

1. 変更年月日 1990年 8月 7日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区丸の内1丁目8番2号

氏 名 同和鉱業株式会社